

KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH SISWA PADA KONSEP IMPULS, MOMENTUM, DAN TEOREMA IMPULS MOMENTUM

Dina Prihartanti¹, Lia Yuliati², Hari Wisodo²

¹SMK Negeri 1 Panggungrejo-Blitar

²Pendidikan Fisika-Pascasarjana Universitas Negeri Malang

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima: 24-2-2017

Disetujui: 20-8-2017

Kata kunci:

problem solving;
impulse;
momentum;
impulse momentum theorems;
pemecahan masalah;
impuls;
momentum;
teorema impuls momentum

Alamat Korespondensi:

Dina Prihartanti
SMK Negeri 1 Panggungrejo, Blitar
Desa Panggungrejo Kec. Panggungrejo
E-mail: dinaprihar@gmail.com

ABSTRAK

Abstract: Problem solving ability is one of competency that must to be achieved by vocational students. This study aimed to describe the problem solving ability of students to the concept of impulse, momentum, and impulse momentum theorem. The study was conducted to 28 students of class XI Light Vehicle Engineering in one of SMK in Blitar in the academic year 2016/2017. The data description of student's problems solving ability obtained through tests and interviews. Analysis data was performed by analyzing the test results per item answers to questions. The results showed that the students' problem-solving ability is still less than optimal, namely on the indicator determines the strategy, applying strategies and evaluate solutions.

Abstrak: Kemampuan pemecahan masalah menjadi salah satu kompetensi yang harus dicapai oleh siswa SMK. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan kemampuan pemecahan masalah siswa pada konsep impuls, momentum, dan teorema impuls momentum. Penelitian dilakukan kepada 28 siswa Kelas XI Teknik Kendaraan Ringan di salah satu SMK Negeri di Kabupaten Blitar Tahun Pelajaran 2016/2017. Data kesulitan pemecahan masalah siswa diperoleh melalui tes uraian dan wawancara. Analisis data hasil tes dilakukan dengan menganalisis jawaban per butir soal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan pemecahan masalah siswa yang masih kurang optimal yaitu pada indikator menentukan strategi, mengaplikasikan strategi, dan mengevaluasi solusi.

Kemampuan pemecahan masalah menjadi suatu kompetensi yang harus dicapai oleh siswa, terutama siswa SMK. Karakteristik SMK sebagai salah satu pendidikan formal yang bertujuan untuk mencetak siswa yang terampil, kompetitif dan siap kerja, menuntut siswa untuk memiliki kemampuan berpikir kritis dan berkompeten dalam pemecahan masalah. Kemampuan pemecahan masalah berguna untuk melahirkan solusi inovatif dalam menghadapi permasalahan-permasalahan dunia saat ini dan yang akan datang, sehingga kemampuan pemecahan masalah menjadi salah satu standar kompetensi dasar yang harus dicapai siswa pada abad 21 (The Partnership for 21st Century Skills, 2009). Menurut Preseissen dalam Costa, pemecahan masalah sebagai salah satu proses berpikir kompleks membutuhkan kemampuan berpikir dasar (sebab akibat/transformasi) untuk mengidentifikasi masalah, menentukan solusi alternatif dan menguji kelayakannya, mengevaluasi solusi dan menggeneralisasi solusi (Costa, 1988). Kemampuan pemecahan masalah meliputi beberapa tahapan penting, di antaranya mengidentifikasi masalah, mendefinisikan masalah, menentukan strategi penyelesaian, menyelesaikan masalah, memverifikasi solusi (Brookhart, 2010; Carson, 2007; Heller dkk, 1992; Krulik & Rudnick, 1987).

Telah banyak penelitian terdahulu yang berupaya meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa melalui berbagai strategi pembelajaran. Strategi-strategi pembelajaran yang digunakan dalam penelitian tersebut antara lain yaitu pembelajaran berbasis masalah/*Problem Based Learning* (Lochman & Finkelstein, 2000), pembelajaran modeling dengan pendekatan metakognitif (Malone, 2008), pembelajaran melalui soal yang kontekstual dan kompleks (Ogilvie, 2009), pembelajaran pemecahan masalah secara interaktif berbantuan komputer (Singh, 2009), desain pembelajaran *map meetings* dengan mengimplementasikan *link maps* (Lindstrom, 2009; Lindstrom, 2011), pembelajaran berbasis konteks (Chao dkk, 2015), pembelajaran berbasis pemecahan masalah konseptual (*Conceptual Problem Solving*) (Docktor dkk, 2015), dan pendekatan pemecahan masalah melalui refleksi siswa bersama pasangan (Mason & Singh, 2016).

Kemampuan pemecahan masalah tidak terlepas dari struktur pengetahuan yang dimiliki siswa. Dalam proses pemecahan masalah siswa membutuhkan pengetahuan dari pengalaman sebelumnya, baik dari pengalaman belajar maupun pengalaman sehari-hari. Pengetahuan konseptual yang mendalam terhadap prinsip-prinsip fisika dibutuhkan dalam pemecahan masalah (Hedge, 2012) sehingga siswa harus aktif dalam mengonstruksi suatu pengetahuan/konsep fisika yang dipelajari (Mc Dermott, 2009). Beberapa proses kognitif dibutuhkan untuk mempelajari pengetahuan konseptual dan membangun struktur pengetahuan (Gerace, 2001). Sesuai dengan pandangan teori belajar konstruktivis, belajar tidak sekedar proses transfer pengetahuan tetapi tentang bagaimana mengkonstruksi pengetahuan dengan cara menghubungkan pengetahuan awal mereka dengan pengalaman yang baru mereka dapatkan (Arends, 2012). Pengetahuan yang mendalam diperlukan untuk mengaktifkan pemahaman fungsional, yakni kemampuan bernalar dalam menghadapi permasalahan yang berbeda dan tidak berdasarkan ingatan (McDermott, 2009; Hedge, 2012). Adanya keterkaitan antara kemampuan bernalar dengan pemecahan masalah, maka sangat penting bagi guru untuk memberikan desain pembelajaran yang dapat melatih kemampuan bernalar agar berhasil dalam pemecahan masalah (Carson, 2007).

Kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa pembelajaran Fisika di SMK masih terkesan sebagai mata pelajaran yang berorientasi pada latihan soal di buku teks dan lebih banyak menyelesaikan soal hitungan yang hanya sekedar menggunakan rumus dan menghitung. Mazur dalam Jonassen menyatakan bahwa banyak siswa yang berhasil menyelesaikan soal fisika dengan menerapkan rumus fisika dalam prosedur matematis tanpa mengetahui konsep di belakangnya (Jonassen, 2004). Menghadapi banyak soal belum tentu dapat melatih kemampuan pemahaman fungsional dalam pemecahan masalah (Hedge, 2012; Jonassen, 2004; McDermott, 2009). Untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah agar lebih baik, siswa harus dibiasakan atau dilatih menghadapi masalah baru dengan paparan yang bermakna (Hedge, 2012).

Berdasarkan struktur pengetahuan konseptual dan bagaimana siswa menghubungkan antar konsep dengan masalah yang diselesaikan, kemampuan siswa dalam memecahkan masalah dibedakan ke dalam dua kategori, yakni *expert* dan *novice* (Gerace, 2001; Malone, 2008). *Expert* memiliki struktur pengetahuan dengan konsep yang lebih koheren dan saling terhubung, sedangkan *novice* cenderung memiliki konsep yang terpotong-potong dan tidak terhubung satu sama lain (Gerace, 2001; Malone, 2008). Strategi pemecahan masalah pada *expert* menggunakan pemahaman konseptual, sedangkan pada *novice* jauh dari penggunaan konsep (Gerace, 2001). *Novice* mengalami banyak kesalahan dalam pemecahan masalah dibandingkan *expert* (Malone, 2008). *Expert* membutuhkan waktu yang singkat dalam pemecahan masalah, sedangkan *novice* cenderung membutuhkan waktu yang lama (Malone, 2008). *Expert* memiliki lebih banyak metode ketika mengalami kebuntuan, sedangkan *novice* cenderung hanya akan bisa keluar dari kebuntuan jika diberikan bantuan dari luar (Gerace, 2001). *Expert* melakukan berbagai cara untuk mengevaluasi solusi, sedangkan *novice* hanya memiliki satu cara untuk mengevaluasi solusi (Gerace, 2001).

Karakteristik pengetahuan Fisika yang saling berkaitan antara konsep fisika yang satu dengan yang lain menjadi permasalahan tersendiri bagi siswa dalam memahami konsep Fisika dan membangun struktur pengetahuan fisika, misalnya pada materi impuls dan momentum (Reif & Heller, 1982; Bryce & McMillan, 2009). Penelitian terdahulu banyak membahas bagaimana kesulitan siswa dalam menerapkan konsep pada materi impuls dan momentum pada permasalahan sehari-hari (Mc Dermott & Lawson, 1987; Pride, Vokos, & McDermott, 1998; Singh & Rosengrant, 2001; Singh & Rosengrant, 2003; Close & Heron, 2010). Siswa lemah dalam mengaitkan persamaan fisika dengan penerapannya pada fakta sehari-hari, misalnya siswa salah menginterpretasi momentum dan energi kinetik benda yang bertumbukan karena belum mengaitkan teorema impuls momentum dan teorema usaha energi dalam demonstrasi tumbukan (McDermott & Lawson, 1987). Kesulitan siswa dalam memahami konsep pada materi impuls dan momentum antara lain dalam mengaitkan hubungan antara konsep momentum dan impuls dalam penyelesaian soal (Pride, Vokos, McDermott, 1998; Bryce & MacMillan, 2009), memahami momentum sebagai besaran vektor dalam kaitannya dengan kekekalan momentum (Close & Heron, 2010; Bryce & MacMillan, 2009). Siswa kesulitan menginterpretasi konsep momentum dan energi secara kualitatif yang diaplikasikan pada permasalahan fisika sehari-hari (Singh & Rosengrant, 2001; Singh & Rosengrant, 2003). Kesulitan-kesulitan siswa dalam memahami konsep fisika tersebut memberikan implikasi bahwa dibutuhkan pembelajaran fisika yang dapat mengembangkan pemahaman fungsional terhadap konsep baru melalui percobaan atau pengamatan langsung (McDermott, 2009). Penggunaan video/film juga dapat mempermudah siswa dalam mempelajari ilmu sains (Efthimiou & Llewellyn, 2004).

Berdasarkan uraian di atas, maka untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa dibutuhkan pembelajaran yang konstruktivis dan melatih siswa untuk mengaktifkan pemahaman fungsional dalam pemecahan masalah. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pembelajaran *map meetings*, yang meliputi tahap *summary lecture*, *problem solving session*, dan *the plenary* mampu membantu siswa pemula dalam memahami konsep fisika dan mengembangkan kemampuan pemecahan masalah (Lindstrom, 2009). Sehingga penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mendeskripsikan kemampuan pemecahan masalah siswa pada konsep impuls, momentum, dan teorema impuls momentum dengan desain pembelajaran *map meetings*.

METODE

Penelitian dengan pendekatan *mixed methods* desain *embedded experimental model* ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2016 terhadap 28 siswa kelas XI Kompetensi Keahlian Teknik Kendaraan Ringan SMKN 1 Panggunrejo Tahun Pelajaran 2016/2017. Desain pembelajaran yang diterapkan pada penelitian ini adalah *map meetings*, yang terdiri atas tahap *summary lecture*, *problem solving session*, dan *the plenary*. Data yang dikumpulkan berupa hasil jawaban siswa dalam menyelesaikan soal pada konsep impuls, momentum, dan teorema impuls momentum. Teknik pengambilan data berupa tes sebelum dan sesudah intervensi,

quiz dan latihan soal pada diskusi pemecahan masalah. Data hasil jawaban siswa tersebut dianalisis berdasarkan kriteria indikator kemampuan pemecahan masalah IDEAL dari Bransford dan Stein, yang meliputi kemampuan mengidentifikasi masalah (*identify the problem*), kemampuan mendefinisikan dan merepresentasikan masalah (*define and represent the problem*), kemampuan mengeksplorasi strategi (*explore strategies*), kemampuan mengaplikasikan strategi (*act on strategies*), dan kemampuan mengevaluasi solusi (*look back and evaluate the effect of your activities*). Hasil analisis jawaban siswa dikonfirmasi dengan data hasil wawancara, dan disajikan dalam bentuk naratif, gambar, dan tabel. Dari semua data hasil tes dan wawancara kemudian diinterpretasi hasilnya untuk ditarik kesimpulan.

HASIL

Kemampuan pemecahan masalah siswa pada konsep impuls, momentum, dan teorema impuls momentum dideskripsikan dari analisis jawaban siswa pada saat diskusi pemecahan masalah (*problem solving session*), jawaban kuis dan jawaban *pretest* dan *posttest*. Soal yang diselesaikan dalam diskusi pemecahan masalah pada konsep impuls, momentum, dan teorema impuls momentum berjumlah tiga soal uraian yang bersifat konseptual dan tidak memerlukan hitungan matematis, seperti pada Gambar 1. Contoh jawaban siswa pada soal nomor 1 seperti pada Gambar 2.

Berdasarkan jawaban siswa pada Gambar 2, diketahui bahwa siswa sudah mampu mengidentifikasi masalah, yakni menentukan helm yang aman untuk Rizal berkendara sehingga pada indikator ini siswa masuk pada kategori A4. Pada indikator mendefinisikan masalah, siswa sudah menyebutkan informasi yang penting dan relevan yakni keadaan helm C yang melindungi seluruh bagian kepala, namun informasi yang diberikan kurang lengkap sehingga pada indikator ini siswa terlasuk pada kategori B3. Pada indikator menentukan strategi, siswa menggunakan konsep fisika yang kurang sesuai di mana siswa menggunakan konsep massa untuk menentukan solusi dan tidak menggunakan konsep impuls dan teorema impuls momentum sehingga pada indikator ini siswa termasuk pada kategori C2. Pada indikator mengaplikasikan strategi, penjelasan yang diberikan siswa kurang tepat yakni siswa menjelaskan bahwa semakin besar massa helm maka dapat mengurangi resiko cedera menurut waktu sentuhnya. Sehingga pada indikator mengaplikasikan strategi siswa termasuk pada kategori D2. Berdasarkan serangkaian kalimat jawaban siswa, terlihat solusi dan alasan yang diberikan kurang tepat dan kurang terhubung dengan logis sehingga pada indikator ini siswa termasuk pada kategori E2. Hasil analisis kemampuan pemecahan masalah siswa pada soal *Problem Solving Session* tentang konsep impuls, momentum, dan teorema impuls momentum selengkapnya dideskripsikan pada Tabel 1.

- (1) Berbagai jenis helm dengan desain yang menarik menjadi pilihan yang digemari para remaja untuk melengkapi kendaraannya, demikian juga yang dialami Rizal. Rizal mengalami kebingungan ketika harus memutuskan helm mana yang ia beli untuk ia gunakan ketika berkendara ke sekolah. Dari berbagai pilihan helm di bawah ini kira-kira helm mana yang terbaik untuk keselamatan Rizal mengendarai kendaraan bermotor? Jelaskan dengan menggunakan konsep impuls!



- (2) Pada suatu peristiwa kebakaran, seseorang terjebak di lantai 2 sebuah rumah susun pada ketinggian sekitar 5 meter dari tanah. Karena api mulai membesar dan tidak tersedia tangga darurat, maka ia harus turun dengan cara melompat melalui jendela. Bagaimanakah cara yang seharusnya ia lakukan ketika mendarat, agar dapat selamat sampai di tanah dengan cedera minimum? Berikan analisisimu!
- (3) Dalam pertandingan kejuaraan bela diri pencak silat, seorang atlet pasti tidak dapat terhindar dari pukulan, tendangan atau jatuhnya dari lawan tandingnya. Bagaimanakah cara yang dilakukan agar dalam pertandingan silat seorang atlet tidak mengalami cedera yang parah? Berikan solusimu dengan penjelasan menggunakan konsep impuls!

Gambar 1. Soal Diskusi Pemecahan Masalah (*Problem Solving Session*) pada Materi Impuls, Momentum, dan Teorema Impuls Momentum

1. Sepertinya riazal memilih helm C karena memiliki massa yg lebih besar dari helm A+B dan helm C melindungi seluruh bagian kepala. Semakin besar massa helm maka ketika kepala terbentur dapat mengurangi resiko cedera parah & dapat mengurangi benturan scr keras menurut waktu sehubungan.

Gambar 2. Contoh Jawaban Siswa pada Soal Nomor 1 Diskusi Pemecahan Masalah (Problem Solving Session) Materi Impuls, Momentum, dan Teorema Impuls Momentum

Tabel 1. Deskripsi Kemampuan Pemecahan Siswa pada Soal Diskusi Kelompok (Problem Solving Session) tentang konsep Impuls, Momentum, dan Teorema Impuls Momentum

No. Soal	Indikator	Indikator Kemampuan Pemecahan Masalah	Persentase Jumlah Siswa (%)				
			KODE	4	3	2	1
1	Menggunakan konsep impuls dan momentum dalam memecahkan masalah (mengidentifikasi masalah, mendefinisikan masalah, menentukan strategi, mengaplikasikan strategi, memverifikasi solusi) pada kasus penggunaan helm standar saat berkendara.	Mengidentifikasi masalah	A	46,43	42,86	10,71	0
		Mendefinisikan masalah	B	3,57	60,71	35,71	0
		Menentukan Strategi	C	0	42,86	57,14	0
		Mengaplikasikan Strategi	D	0	32,14	67,86	0
		Mengevaluasi Solusi	E	0	32,14	67,86	0
2	Menggunakan konsep impuls dan momentum dalam memecahkan masalah (mengidentifikasi masalah, mendefinisikan masalah, menentukan strategi, mengaplikasikan strategi, memverifikasi solusi) pada kasus sehari-hari.	Mengidentifikasi masalah	A	85,71	10,71	3,57	0
		Mendefinisikan masalah	B	0	78,57	17,86	3,57
		Menentukan Strategi	C	0	28,57	64,29	7,14
		Mengaplikasikan Strategi	D	0	60,71	35,71	3,57
		Mengevaluasi Solusi	E	0	35,71	60,71	3,57
3	Menggunakan konsep impuls dan momentum dalam mengidentifikasi masalah (mengidentifikasi masalah, mendefinisikan masalah, menentukan strategi, mengaplikasikan strategi, memverifikasi solusi) pada kasus penggunaan pelindung tubuh (misalnya: sarung tinju, pelindung dada/body protector, matras) pada cabang olahraga.	Mengidentifikasi masalah	A	71,43	17,86	0	10,71
		Mendefinisikan masalah	B	10,71	60,71	28,57	0
		Menentukan Strategi	C	0	53,57	28,57	17,86
		Mengaplikasikan Strategi	D	0	53,57	32,14	10,71
		Mengevaluasi Solusi	E	0	64,29	25	10,71

Berdasarkan analisis jawaban siswa (Tabel 1) pada soal yang diberikan saat diskusi pemecahan masalah (*problem solving session*) terlihat kemampuan pemecahan siswa cukup baik. Sebagian besar siswa sudah mampu mengidentifikasi masalah dengan tepat dan eksplisit (level A4), dan dalam indikator mendefinisikan masalah sebagian besar siswa sudah mampu menyebutkan informasi yang relevan meskipun kurang lengkap (level B3). Pada indikator menentukan strategi, terlihat pada kasus helm dan cara melompat siswa masih kurang sesuai dalam menentukan konsep fisika (level C2), sedangkan pada kasus pertandingan silat dan penerapan pada soal hitungan terlihat siswa sudah tepat menentukan konsep fisika yang digunakan meskipun tanpa menuliskan persamaan impuls/tanpa menyebutkan konsep yang digunakan (level C3). Pada indikator mengaplikasikan strategi sebagian besar siswa sudah mampu menjelaskan solusi berdasarkan konsep fisika, meskipun penjelasan yang diberikan kurang lengkap (level D3). Pada indikator mengevaluasi solusi, secara umum siswa memberikan jawaban dengan kalimat yang kurang jelas atau kurang terhubung dengan logis, penjelasan yang diberikan masih terpotong-potong (level E2). Berdasarkan analisis jawaban siswa, maka dapat disimpulkan bahwa siswa masih lemah dalam mengaplikasikan strategi dan mengevaluasi solusi. Bantuan *link maps* yang diberikan saat diskusi belum mampu dimanfaatkan oleh siswa secara optimal. Berdasarkan hasil wawancara, diketahui bahwa tidak semua siswa dapat menggunakan *link maps* saat menyelesaikan soal tersebut, beberapa siswa menyebutkan *link maps* membantu mereka terutama pada soal hitungan. Selain pemecahan masalah pada soal yang bersifat konseptual, siswa juga diberikan masalah dalam bentuk soal hitungan tentang penerapan konsep impuls, momentum, dan teorema impuls momentum, seperti pada Gambar 3. Kemampuan pemecahan masalah siswa pada soal jenis hitungan dideskripsikan seperti pada Tabel 2.

Kemampuan pemecahan masalah dalam menerapkan konsep impuls, momentum dan teorema impuls momentum juga dianalisis dari jawaban *quiz*. Soal yang diberikan pada saat *quiz* yaitu tentang menentukan cara melempar bola bermassa lebih besar agar mudah ditangkap, ditinjau dari momentum, energi kinetik, dan kecepatannya, seperti pada Gambar 4. Contoh jawaban siswa pada soal *quiz* seperti pada Gambar 5. Hasil analisis kemampuan pemecahan masalah siswa pada soal *quiz* materi impuls dan momentum dideskripsikan seperti pada Tabel 3. Dari jawaban siswa pada soal *quiz* (Gambar 5) diketahui bahwa siswa masih salah menentukan urutan antara melempar bola softball dengan momentum yang sama dan dengan energi kinetik yang sama. Kesalahan ini terjadi karena siswa kurang tepat dalam menentukan strategi dan mengaplikasikan strategi. Siswa kurang memahami konsep atau kurang teliti dengan faktor kuadrat kecepatan pada persamaan energi kinetik, sehingga kurang tepat dalam menarik kesimpulan atau menentukan solusi.

- (1) Pada permainan bola kasti, bola bermassa 0,5 kg mula-mula dilemparkan dan bergerak dengan kecepatan 2 m/s. Kemudian bola tersebut dipukul oleh pemain dengan gaya F berlawanan dengan gerak bola, sehingga kecepatan bola berubah menjadi 6 m/s. Bila bola bersentuhan dengan pemukul selama 0,01 s, berapakah besar gaya F yang diberikan pemain untuk memukul bola?

Gambar 3. Soal Diskusi Pemecahan Masalah (*Problem Solving Session*) pada Materi Impuls, Momentum, dan Teorema Impuls Momentum dalam Bentuk Soal Hitungan

Tabel 2. Deskripsi Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa pada Soal Diskusi Kelompok (*Problem Solving Session*) tentang Penerapan Konsep Impuls, Momentum dan Teorema Impuls Momentum dalam Soal Hitungan

Indikator	Indikator Kemampuan Pemecahan Masalah	Persentase Jumlah Siswa (%)				
		KODE	4	3	2	1
Menggunakan teorema impuls momentum dalam memecahkan masalah (mengidentifikasi masalah, mendefinisikan masalah, menentukan strategi, mengaplikasikan strategi, memverifikasi solusi) pada kasus tumbukan dalam bentuk perhitungan.	Mengidentifikasi masalah	A	71,43	10,71	17,86	0
	Mendefinisikan masalah	B	25	57,14	17,86	0
	Menentukan Strategi	C	0	100	0	0
	Mengaplikasikan Strategi	D	10,71	50	35,71	3,57
	Mengevaluasi Solusi	E	14,29	17,86	64,29	3,57

Guru olahraga kalian melempar bola kasti kepadamu dengan kelajuan tertentu dan kamu menangkapnya. Guru tersebut kemudian akan melempar bola *softball* yang massanya sepuluh kali lipat dari bola kasti.

Kamu diberi pilihan sebagai berikut, bola tersebut dilempar kepadamu dengan:

- Kelajuan yang sama dengan bola kasti
- Momentum yang sama
- Energi kinetik yang sama

Urutkan pilihan tersebut mulai dari yang termudah hingga yang tersulit untuk ditangkap!

Berikan analisismu!

Gambar 4. Soal *Quiz* Materi Impuls, Momentum, dan Teorema Impuls Momentum

Tabel 3. Deskripsi Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa pada Soal Quiz pada Konsep Impuls, Momentum, dan Teorema Impuls Momentum

Indikator	Indikator Kemampuan Pemecahan Masalah	Persentase Jumlah Siswa (%)				
		KODE	4	3	2	1
Menggunakan konsep impuls dan momentum dalam memecahkan masalah (mengidentifikasi masalah, mendefinisikan masalah, menentukan strategi, mengaplikasikan strategi, memverifikasi solusi) pada kasus permainan bola kecil (misalnya kasti, softball, tenis, golf dll) dan permainan bola besar (basket, voli, bola sepak).	Mengidentifikasi masalah	A	28,57	35,71	35,71	0
	Mendefinisikan masalah	B	3,57	17,86	78,57	0
	Menentukan Strategi	C	0	35,71	64,29	0
	Mengaplikasikan Strategi	D	0	89,29	10,71	0
	Menyevaluasi Solusi	E	0	28,57	64,29	7,14

1. c. energi kinetik: apabila bola softball 10x lebih berat maka bola akan mudah ditangkap

2. b. apabila bola softball dilempar dg momentum yg sama maka kita tidak akan kesulitan untuk menangkap bola softball yg momentumnya sama

3. a. jika bola softball lebih berat dan dilempar dg kecepatan yg sama dg bola kasti maka bola akan sangat sulit ditangkap

"yg lebih sulit ditangkap adalah yg A. sedangkan yg mudah di tangkap adalah yg C"

Gambar 5. Contoh Jawaban Siswa pada Soal Quiz Materi Impuls, Momentum, dan Teorema Impuls Momentum

Berdasarkan hasil *pretest* dan *posttest* pada materi impuls, momentum, dan teorema impuls momentum diketahui kemampuan pemecahan masalah siswa terjadi perubahan yang lebih baik. Soal yang diselesaikan pada saat *pretest* dan *posttest* pada materi tersebut seperti pada Gambar 6. Contoh jawaban siswa pada saat *pretest* seperti pada Gambar 1 dan jawaban pada saat *posttest* pada Gambar 7. Deskripsi kemampuan pemecahan masalah siswa pada konsep impuls, momentum dan teorema impuls momentum untuk soal *pretest* dan *posttest* seperti pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui bahwa kemampuan pemecahan masalah siswa untuk masing-masing indikator mengalami peningkatan. Dalam kemampuan mengidentifikasi masalah saat *pretest* masih banyak yang belum mampu mengidentifikasi masalah dengan tepat (85,71 %), pada saat *posttest* sudah mampu mengidentifikasi masalah dengan tepat, meski sebagian ada yang kurang lengkap. Demikian pula pada kemampuan mendefinisikan masalah, yang semula masih banyak yang menyebutkan informasi yang kurang relevan, berubah menjadi mampu menyebutkan informasi yang penting dan relevan meski masih ada yang kurang lengkap. Pada kemampuan menentukan strategi dan mengaplikasikan strategi, pada saat *pretest* belum menunjukkan adanya strategi yang berdasarkan konsep fisika, siswa menentukan solusi berdasarkan logika dan informasi dari soal. Namun, pada saat *posttest* siswa sudah terlihat mampu menjelaskan dan menentukan solusi berdasarkan konsep impuls dan teorema impuls momentum, meskipun penjelasan yang diberikan kurang lengkap. Dari serangkaian kalimat yang diberikan siswa dapat diamati kemampuan siswa dalam mengevaluasi solusi pada saat *pretest* masih banyak yang memberikan jawaban sebagian tidak jelas dan tidak logis (42,86 %), serta jawaban yang kurang jelas dan kurang terhubung dengan logis (46,43 %). Namun, pada saat *posttest* sudah mulai terjadi perubahan yang lebih baik, meski hanya 17,86 % yang memberikan jawaban dengan kalimat yang jelas, fokus dan terhubung dengan logis, dan masih banyak yang memberikan jawaban kurang jelas dan kurang logis (42,86 %), namun tidak ada lagi yang memberikan jawaban dengan kalimat yang tidak jelas dan tidak logis.

Secara kuantitatif, nilai rata-rata siswa pada saat *pretest* dan *posttest* mengalami peningkatan sebesar 31,10, dari nilai rata-rata *pretest* sebesar 23,30 menjadi 54,46 pada saat *posttest*. Perhitungan *N-gain* pada nilai rata-rata *pretest* dan *posttest* diperoleh score 0,312 yang berarti peningkatan kemampuan pemecahan masalah siswa pada konsep impuls, momentum dan teorema impuls momentum berada pada kategori sedang.

1. Jono sedang berencana membeli mobil baru. Ia ingin membeli mobil yang sekuat baja dan tahan terhadap benturan apapun, sehingga ia bisa terlindungi jika terjadi tabrakan. Ketika ia pergi ke *show room* mobil, selain menunjukkan desain yang menarik dari sebuah mobil, sales mobil juga menunjukkan video tentang tes keselamatan dari tipe mobil yang ia ingin beli. Ia melihat bahwa bagian depan mobil remuk ketika menabrak baja, sales menjelaskan bahwa mobil tersebut telah menggunakan teknologi *crumple zones*, sehingga lebih menjamin keselamatan penumpang. Sesampai di rumah, Jono masih bingung dalam mengambil keputusan untuk membeli mobil tersebut atau tidak. Ia berpikir bahwa jika ia membeli mobil tersebut, maka tidak aman jika ia mengendarainya karena mobil mudah ringsek jika menabrak benda keras dan akan membutuhkan banyak biaya untuk perbaikan. Menurutmu pendapatmu bagaimanakah seharusnya keputusan yang tepat diambil oleh Jono? Berikan analisismu!



Gambar 6. Soal *Pretest* dan *Posttest* Materi Impuls, Momentum, dan Teorema Impuls Momentum

1. Ia harus membelinya, karena mobil itu dapat menjamin keselamatannya walaupun jika terbentur ~~nya~~ biayanya cukup banyak untuk memperbaikinya. Oleh karena itu nyawa lebih penting dari pada harta/mobilnya.

Gambar 7 (a). Contoh Jawaban Siswa saat *Pretest*

1. Seharusnya dia memilih mobil yg memiliki teknologi *crumple zone* tersebut karena lebih menjamin keselamatan penumpang
 Saat mobil menabrak maka gaya yang di berikan saat tertabrak juga besar sehingga berbahaya bagi penumpang, jika menggunakan teknologi *crumple zone* maka saat terjadi tabrakan mobil tersebut akan menampung di bagian depan. Sehingga gaya yang di berikan saat tertabrak lebih kecil dan waktu sentuhannya akan sedikit lama
 $I = F \cdot \Delta t$, jadi jika gayanya besar waktunya akan lebih singkat dan saat gayanya kecil waktunya akan lebih lama.

Gambar 7 (b). Contoh Jawaban Siswa saat *Posttest*

Tabel 4. Deskripsi Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa pada Soal *Pretest* dan *Posttest* pada Konsep Impuls, Momentum, dan Teorema Impuls Momentum

Indikator	Indikator Kemampuan Pemecahan Masalah	Soal	Persentase Jumlah Siswa (%)				
			KODE	4	3	2	1
Menggunakan konsep impuls dan momentum dalam memecahkan masalah (mengidentifikasi masalah, mendefinisikan masalah, menentukan strategi, mengaplikasikan strategi, memverifikasi solusi) pada kasus penggunaan bantalan udara (<i>air bag</i>), <i>seat belt</i> , dan <i>crumple zones</i> pada mobil.	Mengidentifikasi masalah	<i>Pretest</i>	A	0	0	85,71	14,29
		<i>Posttest</i>		46,43	28,57	14,29	10,71
	Mendefinisikan masalah	<i>Pretest</i>	B	0	10,71	71,43	17,86
		<i>Posttest</i>		17,86	57,14	25,00	0
	Menentukan Strategi	<i>Pretest</i>	C	0	0	0	100
		<i>Posttest</i>		32,14	39,29	14,29	14,29
	Mengaplikasikan Strategi	<i>Pretest</i>	D	0	0	0	100
		<i>Posttest</i>		3,57	50,00	32,14	14,29
	Mengevaluasi Solusi	<i>Pretest</i>	E	0	10,71	46,43	42,86
		<i>Posttest</i>		17,86	39,29	42,86	0

PEMBAHASAN

Hasil analisis jawaban siswa pada soal diskusi pemecahan masalah (*problem solving session*) materi impuls, momentum dan teorema impuls momentum menunjukkan kemampuan pemecahan masalah siswa cenderung lemah dalam menentukan strategi, mengaplikasikan strategi dan mengevaluasi solusi pada soal-soal konseptual yang baru bagi siswa. Konsep fisika yang digunakan masih cenderung kurang sesuai. Misalnya pada kasus penggunaan helm, sebagian siswa menyatakan semakin besar massa helm maka semakin aman dan momentumnya rendah. Siswa menggunakan konsep yang keliru untuk memecahkan masalah, yakni menggunakan konsep massa dan tidak menggunakan konsep impuls dan teorema impuls momentum. Hal yang sama pada kasus cara melompat yang aman dari ketinggian, siswa menyatakan kaki ditekuk saat mendarat lebih aman karena massa tubuh menjadi lebih kecil. Pada jawaban ini siswa juga salah menentukan konsep fisika yang digunakan, yakni menggunakan konsep massa dan tidak menggunakan konsep impuls dan teorema impuls momentum. Siswa juga kesulitan menentukan urutan cara dari yang termudah dalam menangkap bola *softball* berdasarkan momentum dan energi kinetik yang sama dengan bola kasti yang memiliki masa lebih kecil dari bola *softball*. Kesulitan siswa dalam membandingkan kecepatan bola *softball* berdasarkan momentum dan energi kinetiknya dengan bola kasti menunjukkan siswa kurang memahami konsep momentum dan energi kinetik. Padahal mengidentifikasi prinsip/konsep fisika merupakan langkah penting dalam pemecahan masalah, namun hubungan yang lemah antara kerangka konseptual siswa dengan prinsip-prinsip fisika menjadi penghalang utama dalam memecahkan masalah (Hedge, 2012).

Kondisi lain menunjukkan meskipun siswa sudah menyebutkan konsep fisika yang tepat, namun penjelasan yang diberikan masih kurang tepat, kurang jelas, dan kurang terhubung dengan logis. Siswa mengalami kesulitan dalam mengaitkan konsep yang dipahami dengan permasalahan yang dihadapi. Penjelasan siswa belum mendalam terkait hubungan gaya impulsif dengan waktu sentuh. Misalnya pada kasus penggunaan helm yang tepat untuk berkendara, siswa sudah tepat dalam menentukan solusi namun penjelasan siswa masih salah. Menurut siswa semakin besar massa helm maka akan semakin aman dan momentumnya rendah. Penjelasan siswa tersebut salah karena pada saat terjadi tumbukan besar kecilnya resiko atau gaya yang mengenai kepala tergantung pada perubahan momentum dan waktu sentuh dan tidak bergantung massa dan momentum. Siswa tidak menjelaskan solusi dengan konsep hubungan antara impuls dan perubahan momentum. Penjelasan yang diberikan siswa menunjukkan pengetahuan konseptual pada konsep hubungan impuls dengan perubahan momentum masih kurang. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya, bahwa siswa mengalami kelemahan dalam memahami hubungan impuls dan perubahan momentum (McDermott dan Lawson, 1987); Pride, Vokos, & Mcdermott, 1998). Penjelasan siswa menunjukkan struktur pengetahuan yang masih terpotong-potong dan konsep belum terhubung satu sama lain. Pengetahuan konseptual yang mendalam dibutuhkan dalam pemecahan masalah (Hedge, 2012).

Mengaitkan konsep fisika dengan permasalahan yang dihadapi dan mengaplikasikannya untuk menemukan solusi merupakan kegiatan pada indikator mengaplikasikan strategi, yang merupakan inti dalam kegiatan pemecahan masalah. Hasil penelitian ini menunjukkan siswa masih belum mampu mengaktifkan pemahaman fungsional. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya bahwa siswa mengalami kesulitan dalam menginterpretasi secara kualitatif konsep yang berkaitan dengan energi dan momentum yang diaplikasikan pada situasi nyata (Singh & Rosengrant, 2003; McDermott & Lawson, 1987). Meskipun analisis yang diberikan siswa kurang mendalam dan kurang lengkap, namun siswa sudah mampu memberikan jawaban yang mengarah pada solusi yang tepat. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya bahwa siswa memperoleh keuntungan dalam mengonstruksi pengetahuan baru dari pengalaman belajar yang real (Ergul, 2013).

Kemampuan pemecahan masalah siswa pada soal bentuk hitungan juga menunjukkan kecenderungan siswa lemah pada indikator mengaplikasikan strategi, yakni pada prosedur matematis sehingga solusi yang diberikan kurang tepat. Siswa sudah tepat dalam menentukan konsep fisika yang digunakan, namun prosedur matematis yang dilakukan cenderung kurang sistematis dan kurang teliti. Seperti yang terjadi pada kasus menentukan besar gaya impulsif yang diberikan pemain untuk memukul bola kasti. Siswa tidak menuliskan tanda negatif pada kecepatan bola setelah dipukul. Tanda negatif tersebut baru muncul ketika sudah masuk prosedur matematis. Siswa juga tidak menuliskan persamaan bahwa besar perubahan momentum bola sama dengan besarnya impuls, meskipun langkah penyelesaian sudah mengarah ke sana. Kesalahan di akhir yang terjadi adalah satuan gaya yang dituliskan salah, siswa menuliskan satuan dalam Ns. Hal ini menunjukkan bahwa siswa lemah dalam mengevaluasi solusi. Kesalahan-kesalahan siswa tersebut meliputi kesalahan menuliskan simbol besaran, tanda positif negatif untuk besaran vektor dan kesalahan satuan. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya bahwa pemahaman siswa yang kurang terhadap besaran vektor dan skalar merupakan salah satu kesulitan pada materi impuls dan momentum (Bryce & MacMillan, 2009). Kesalahan pada prosedur matematis tersebut juga bisa terjadi karena siswa cenderung tidak menuliskan besaran yang diketahui atau tidak mendefinisikan masalah dengan baik. Kesalahan dalam prosedur matematis akhirnya menyebabkan serangkaian jawaban siswa kurang terhubung dengan logis. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya bahwa kemampuan matematis juga menjadi faktor penting dalam menentukan solusi yang tepat (Hedge, 2012).

Kelemahan kemampuan pemecahan masalah pada indikator mengaplikasikan strategi juga terlihat dari hasil analisis jawaban siswa pada soal *quiz*. Siswa masih belum mampu menjelaskan konsep fisika pada permasalahan yang dihadapi secara lengkap dan terhubung dengan logis. Penjelasan konsep yang diberikan masih kurang tepat sehingga solusi yang diberikan juga masih belum fokus dan belum terhubung dengan logis. Pada materi impuls, momentum, dan teorema impuls momentum, siswa tidak dapat membandingkan kecepatan bola ditinjau dari konsep momentum dengan energi kinetik. Hal ini menunjukkan pemahaman konseptual siswa pada konsep energi kinetik dan momentum masih kurang sehingga solusi yang diberikan kurang tepat. Penelitian sebelumnya juga menyebutkan bahwa siswa kurang koheren dalam memahami konsep momentum dan energi kinetik yang diaplikasikan pada situasi baru (Singh & Rosegrant, 2003). Kurangnya pemahaman fungsional siswa disebabkan karena dalam pemecahan masalah yang baru dibutuhkan pengetahuan yang mendalam (McDermott, 2009). Selain itu, waktu mengerjakan soal *quiz* yang terbatas dapat juga menjadi faktor kurangnya keberhasilan dalam pemecahan masalah. Dalam proses pemecahan masalah siswa membutuhkan waktu yang cukup untuk berpikir, menganalisis, dan mencoba memecahkan masalah (Hobri, 2009).

Kemampuan pemecahan masalah siswa pada konsep impuls, momentum, dan teorema impuls momentum menunjukkan adanya peningkatan sebelum dan sesudah intervensi. Peningkatan tersebut terjadi pada semua indikator yakni mengidentifikasi masalah, mendefinisikan masalah, menentukan strategi, mengaplikasikan strategi dan mengevaluasi solusi. Namun, peningkatan yang terjadi pada indikator mengaplikasikan strategi dan mengevaluasi solusi terlihat masih kurang optimal. Hal ini ditunjukkan dengan sebagian besar siswa masih berada pada level 3 dan 2 pada indikator tersebut. Analisis jawaban siswa menunjukkan siswa masih kurang mampu menerapkan konsep impuls, momentum, dan teorema impuls momentum dalam pemecahan masalah fisika sehari-hari. Berdasarkan analisis jawaban siswa ditemukan bahwa masih banyak siswa yang belum menjelaskan hubungan konsep impuls dan perubahan momentum pada peristiwa tabrakan. Pengetahuan siswa masih terpotong-potong dan belum terhubung satu sama lain, hal ini menunjukkan siswa masih dalam kategori pemula (*novice*) dalam memecahkan masalah (Hedge, 2012). Kenyataan ini juga didukung dengan hasil wawancara tertulis (kuesioner), di mana diketahui bahwa siswa merasa kesulitan dalam menyampaikan pemikiran dalam bentuk kata-kata. Hal ini bisa saja terjadi karena selama ini siswa masih terbiasa menyelesaikan soal-soal fisika dalam bentuk hitungan/matematis. Berdasarkan hasil wawancara dengan guru dan siswa pada studi pendahuluan, diketahui bahwa siswa lebih sering menghadapi soal-soal fisika yang berupa hitungan dan terpaku pada latihan soal di buku teks. Siswa belum terbiasa menghadapi soal fisika yang kontekstual dan lebih menekankan pada penerapan konsep pada permasalahan sehari-hari. Pemecahan masalah yang berorientasi pada penggunaan rumus pada persoalan matematis belum menunjukkan pemahaman siswa terhadap konsep yang digunakan (Jonassen, 2004).

Kurangnya kemampuan siswa dalam mengaplikasikan strategi dan mengevaluasi solusi bisa terjadi karena pemahaman siswa terhadap konsep impuls, momentum, dan teorema impuls momentum masih belum mendalam, atau siswa masih kesulitan menghubungkan konsep yang telah dipelajari dengan permasalahan yang dihadapi. Hasil wawancara menyebutkan bahwa tidak semua siswa dapat menggunakan bantuan *link maps* saat menyelesaikan soal tersebut. Beberapa siswa menyebutkan *link maps* membantu siswa pada soal hitungan. Hal ini menunjukkan bahwa siswa masih belum mampu memaknai arti fisis persamaan fisika, dan hanya melihatnya sebagai persamaan matematis sehingga sulit untuk menghubungkan konsep tersebut dengan permasalahan konseptual sehari-hari. Siswa hanya melihat persamaan fisika sebagai persamaan matematis (Sherin, 2001). Dari analisis jawaban siswa saat *quiz*, diketahui hasilnya lebih rendah dibandingkan saat diskusi maupun pada saat *posttest*. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian waktu yang singkat pada saat *quiz* menyebabkan siswa kesulitan dalam memecahkan masalah. Dalam proses pemecahan masalah, siswa memerlukan waktu yang cukup lama untuk dapat menganalisis masalah dan menemukan informasi yang relevan (Hobri, 2009). Dari serangkaian analisis jawaban siswa, dapat dikatakan bahwa kemampuan pemecahan masalah siswa masih dalam kategori pemula (*novice*). Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian pemecahan masalah sebelumnya, bahwa siswa pemula atau belum ahli dalam pemecahan masalah memiliki pengetahuan yang parsial/belum terstruktur, tidak terhubung satu sama lain, memiliki representasi yang tidak berkaitan, dan ingatan yang kurang (Gerace, 2001; Malone, 2008).

SIMPULAN

Kemampuan pemecahan masalah siswa pada materi impuls, momentum, dan teorema impuls momentum masih kurang optimal pada indikator mengaplikasikan strategi dan mengevaluasi solusi. Kekurangan ini disebabkan karena pemahaman siswa terhadap konsep yang masih kurang, juga karena siswa belum terbiasa menghadapi soal-soal yang kontekstual dan lebih bersifat konseptual. Siswa masih lemah dalam mengaktifkan pemahaman fungsional dalam pemecahan masalah. Agar siswa lebih ahli dalam memecahkan masalah khususnya dalam pembelajaran fisika, dapat dilakukan beberapa alternatif antara lain dengan membiasakan siswa dengan kegiatan pembelajaran konstruktivis agar konsep yang dipahami siswa terstruktur dan lebih mendalam. Siswa juga perlu dibiasakan menghadapi soal yang kontekstual dan melatih kemampuan bernalar dengan menerapkan konsep. Sehingga siswa tidak hanya sekedar menerapkan rumus berdasarkan ingatan, namun terdapat proses berpikir yang kompleks. Siswa juga perlu dibiasakan untuk memahami arti fisis dari persamaan fisika agar tidak sebatas ingatan sebagai rumus matematis.

DAFTAR RUJUKAN

- Arends, R. I. 2012. *Learning To Teach 9th edition*. New York: McGraw-Hill.
- Brookhart, S.M. 2010. *How to Assess Higher-Order Thinking Skills in Your Classroom*. United States of America: ASCD.
- Bryce, T.G.K. & MacMillan, K. 2009. Momentum and Kinetic Energy: Confusable Concepts in Secondary School Physics. *Journal of Research in Science Teaching*. 46 (7):739—761.
- Carson, J. 2007. A problem with Problem Solving: Teaching Thinking without teaching Knowledge. *The mathematic Educator* 17 (2):7—14.
- Chao, K. Y. Fan, S. C & Lin, K. Y. 2015. Enhancing Students' Problem-Solving Skills Through Context-Based Learning. *International Journal of Science and Mathematics Education*.
- Costa, L. A. 1985. *Developing Minds: A Resource Book for Teaching Thinking*. Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Close, H. G & Heron, P. R. L. 2010. Research as A Guide for Improving Student Learning: An Example from Momentum Conservation. *American Journal of Physics*.
- Docktor, J.L., Strand, N.E., Mestre, J.P., & Ross, B.H. 2015. Conceptual Problem Solving in High School Physics. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research* (11).
- Efthimiou, C. & Llewellyn, R. A. 2004. Cinema as a tool for science literacy. *Physics Education*, 16 (1):1—13.
- Ergul, N. R. 2013. Momentum Concept in the Process of Knowledge Construction. *Educational Sciences: Theory & Practice* - 13 (3):1897—1901.
- Gerace, J.W. 2001. Problem Solving and Conceptual Understanding. Massachusetts: *Physics Departement and Scientific Reasoning Research Institute*.
- Hegde, B. 2012. How do they solve it? An insight into the learner's approach to the mechanism of physics problem solving. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research* (8).
- Heller, P., Keith, R., & Anderson, S. 1992. Teaching Problem solving Through Cooperative Grouping, Part 1. *American Association of Physics Teachers*, 60 (7):627—636.
- Hobri. 2009. *Model-model Pembelajaran Inovatif*. Jember: Center for Society Studies.
- Jonassen, D. H. 2004. *Learning to Solve Problems*. United States of America: John Wiley and Sons, Inc.
- Krulik, S & Rudnick, J.A. 1987. *Problem Solving: A handbook for Elementary School Teachers*. Boston: Allyn and Bacon.
- Lindstrom, C. & Sharma, M. D. 2009. Link maps and map meetings: Scaffolding student learning. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research* (5).
- Lindstrom, C & Sharma, M. D. 2011. Teaching Physics Novices at University: A case stronger scaffolding. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research* 7, 010109 (2011).
- Lohman, MC & Finkelstein, M. 2000. Designing Groups In Problem-Based Learning to Promote Problem-Solving Skill and Self-Directedness. *Instructional Science*, 28: 291—307.
- Malone, K. L. 2008. Correlation among Knowledge Structures, Force Concept Inventory, and Problem-Solving Behaviors. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*. 4, 020107.
- Mason, A & Singh, C. 2016. *Helping Students Learn Effective Problem Solving Strategies By Reflecting With Peers*. Department of Physics and Astronomy University of Pittsburgh, Pittsburgh, PA, 15260.
- McDermott, L. C & Lawson, R. A. 1987. Student Understanding of The Work-Energy and Impulse-Momentum Theorems. *American Journal of Physics*.
- McDermott, L. C. 2009. *Students' Conceptions And Problem Solving In Mechanics*. Department of Physics, University of Washington, Seattle, Washington, U.S.A.
- Ogilvie, C. A. 2009. Change in Students' Problem Solving Strategies in a Course that Includes Context-Rich, Multifaceted Problems. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*. 5, 020102.
- Presseisen, B.Z. 1985. Thinking Skills: Meanings and Models. Dalam Costa, A.L (Ed), *Development Minds: A Resource Book for Teaching Thinking* (hlm. 43-48). United States of America: The Association for Supervision and Curriculum Development.

- Pride, T. O. Vokos, S & McDermott, L. C. 1998. The Challenge of Matching Learning Assessments to Teaching Goals: An Example from The Work-Energy and Impulse Momentum Theorems. *American Journal of Physics*.
- Sherin, B. 2001. How Students Understand Physics Equation. *Cognition and Instruction*. 19 (4):479—541. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Singh, C. 2009. *Problem Solving and Learning*. Pennsylvania: Department of Physics and Astronomy, University of Pittsburgh, Pittsburgh.
- Singh, C & Rosegrant, D. 2001. Student's Conceptual Knowledge of Energy and Momentum. *Proceedings of The Physics Education Research Conference*, 123-126.
- Singh, C & Rosegrant, D. 2003. Multiple-Choice Test of Energy and Momentum Concepts. *American Journal of Physics* (6).
- The Partnership for 21st Century Skills. 2009. The MILE Guide: *Milestones for Improving Learning and Education*.
- Tuminaro, J & Redish, E.F. 2007. Elements of Cognitive Model of Physics Problem Solving: Epistemic Games. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research* (3).
- Walhs, L.N., Howard, R.G. & Bowe, Brian. 2007. Phenomenographic study of students' problem solving approaches in physics. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research* (3).